

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
-  BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-372749  
 (43)Date of publication of application : 26.12.2002

(51)Int.CI.  
 G03B 21/00  
 G02B 27/28  
 G02F 1/13  
 H04N 9/31

(21)Application number : 2002-076565  
 (22)Date of filing : 19.03.2002  
 (71)Applicant : EASTMAN KODAK CO  
 (72)Inventor : KURTZ ANDREW F  
 COBB JOSHUA M  
 KESSLER DAVID  
 SILVERSTEIN BARRY D  
 HARRIGAN MICHAEL E

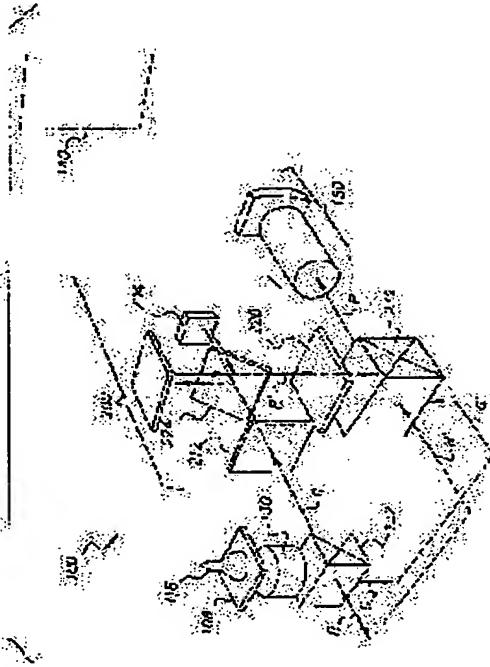
(30)Priority  
 Priority number : 2001 813207 Priority date : 20.03.2001 Priority country : US

## (54) DIGITAL CINEMA PROJECTOR

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a digital cinema projector for projecting a color image on a display screen.

**SOLUTION:** The digital cinema projector is provided with a beam forming optical system for homogenizing and converging light beams emitted from a light source, a color separating optical system for separating the light beams into respective color beams, a pre-polarizer for previously polarizing the color beams, a wire grid polarized beam splitter for transmitting the prescribed polarized state of the previously polarized beam, a reflection type spatial light modulating device for modulating the previously polarized and transmitted beam having information and then reflecting the image forming color beam through the wire grid polarized beam splitter, a modulating optical system including a wire grid polarized beam analyzer for transmitting the image forming color beam and attenuating unnecessary polarized light component, a recombination prism for combining the color beam from the modulating optical system with other image forming color beams and then forming the whole color image forming beams and a projecting lens system for projecting the whole color image forming beams on the display screen.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

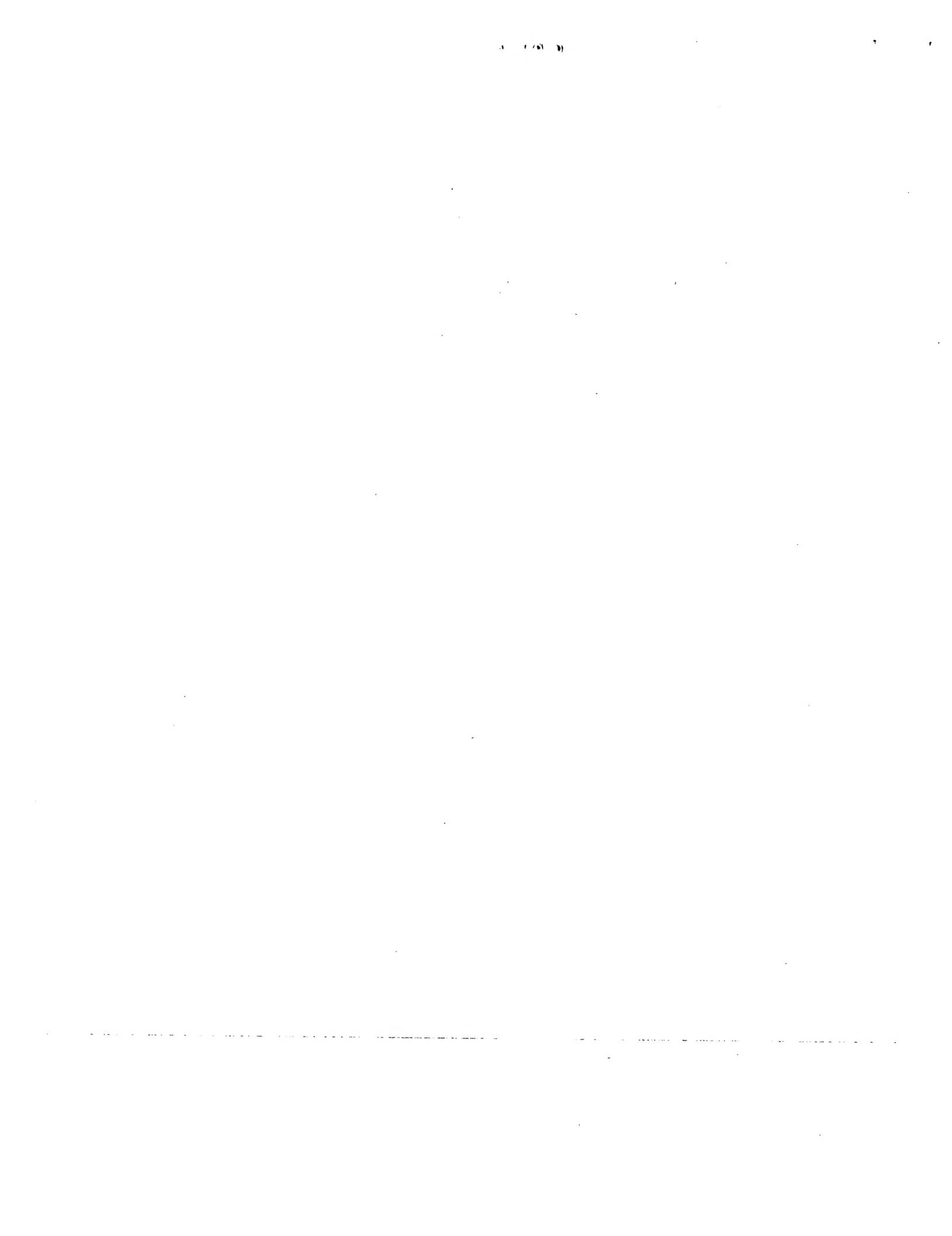
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-372749  
(P2002-372749A)

(43) 公開日 平成14年12月26日(2002. 12. 26)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup> 識別記号  
G 0 3 B 21/00  
G 0 2 B 27/28  
G 0 2 F 1/13 5 0 5  
H 0 4 N 9/31

F I		テ-マ-ト(参考)
G 0 3 B	21/00	E 2 H 0 8 8
G 0 2 B	27/28	Z 2 H 0 9 9
G 0 2 F	1/13	5 0 5 5 C 0 6 0
H 0 4 N	9/31	C

審査請求 未請求 請求項の数 1 OL (全 17 頁)

(21)出願番号 特願2002-76565(P2002-76565)  
(22)出願日 平成14年3月19日(2002.3.19)  
(31)優先権主張番号 09/813,207  
(32)優先日 平成13年3月20日(2001.3.20)  
(33)優先権主張国 米国(U.S.)

(71)出願人 590000846  
イーストマン コダック カンパニー  
アメリカ合衆国、ニューヨーク14650、口  
チエスター、ステイト ストリート343  
(72)発明者 アンドルー エフ カーツ  
アメリカ合衆国 ニューヨーク 14610  
ロチエスター キャサウェイ・パーク 93  
(72)発明者 ジョシュア エム コップ  
アメリカ合衆国 ニューヨーク 14564  
ヴィクター チェリー・ストリート 6704  
(74)代理人 100070150  
弁理士 伊東 忠彦 (外2名)

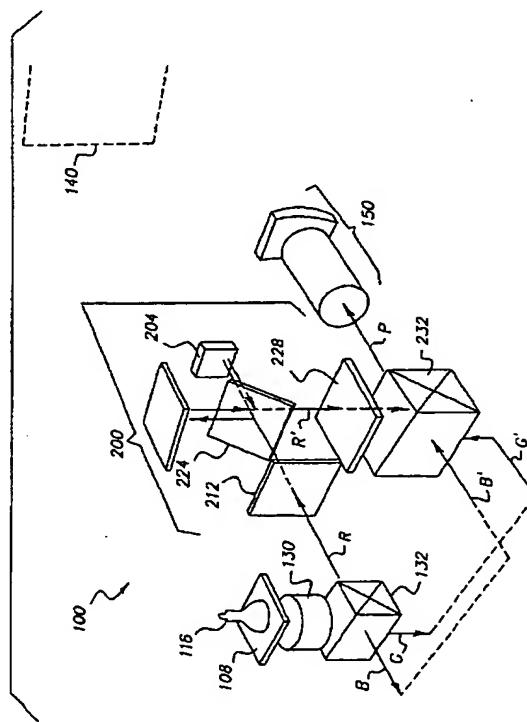
最終頁に統く

(54) 【発明の名称】 デジタルシネマプロジェクター

(57) 【要約】

【課題】ディスプレイ表面へ色画像を投影するデジタルシネマプロジェクタを提供する。

【解決手段】光源から生成した光ビームを均質化して収束させるビーム成形光学系と、光ビームを個々の色ビームに分離する色分割光学系と、色ビームを予め偏光するプレポーラライザ、予め偏光したビームの予め決められた偏光状態を透過させるワイアグリッド偏光ビームスプリッタ、情報を持つ透過した予め偏光したビームを変調しワイアグリッド偏光ビームスプリッタを通じて画像生成色ビームを反射する反射性空間光変調器、画像生成色ビームを透過させ不要な偏光成分を減衰させるワイアグリッド偏光検光子を含む変調光学系と、変調光学系からの色ビームを他画像生成色ビームと結合させて全色画像生成ビームを作成する再結合プリズムと、全色画像生成ビームをディスプレイ表面へ投影する投影レンズ系とを有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ディスプレイの表面へのカラー画像の投影用のデジタルシネマプロジェクターであって、

- 光のビームを生成する光源、
- 前記光のビームを均質化して収束させ、均質化し収束させた光ビームを提供するビーム成形光学系、
- 前記均質化し収束させた光ビームを複数のカラービームに分離するカラー分割光学系、
- 第一のカラービームを変調して、画像を生じる第一のカラービームを提供する第一の変調光学システム、
- 前記第一の変調光学システムからの前記画像を生じる第一のカラービームを他の画像を生じるカラービームと結合させて、フルカラーの画像を生じるビームを提供する再結合プリズム、
- 前記フルカラーの画像を生じるビームを前記ディスプレイの表面へ投影する投影レンズシステム、を含み、

前記第一の変調光学システムは、

- 前記第一のカラービームを予め偏光するプレポーラライザ、
- 前記予め偏光した第一のカラービームにおける第一の予め決められた偏光状態を透過させ、前記第一の予め決められた偏光状態に垂直な第二の偏光状態を有する前記予め偏光した第一のカラービームにおける残りの部分を反射させるワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター、
- 前記透過した予め偏光した第一のカラービームの前記予め決められた偏光状態を変えて、前記画像を生じる第一のカラービームを提供する複数の個別の素子を有し、前記ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターに前記画像を生じる第一のカラービームを反射する反射性空間光変調器、
- 前記画像を生じる第一のカラービームを透過させ、前記画像を生じる第一のカラービームの不要な偏光成分を減衰させるワイヤーグリッド偏光検光子、を含むデジタルシネマプロジェクター。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、一般的にはデジタルシネマに関し、特に、ディスプレイのスクリーンに画像を形成する為の空間光変調器を使用するデジタルプロジェクターに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の動画フィルムプロジェクターは、視聴者を満足させる投影品質の画像において成功を証明してきた。最近の数十年において、全体的なシネマの経験は、提示の質において軽微な改善によって、役立ってきた。しかしながら、最も広く採用された技術的改善は、投影された画像の品質を改善するどんな変化よりもむしろ、シネマのデジタルサウンドである。いくつかの

選択の大きなスクリーンフィルムのフォーマット、例えば、IMAX 70mmフォーマット、及び補助投影設備における成功の商業的発展が、画像品質を改善してきたと言え、この設備を備えている映画館は、伝統的なハリウッドフィルムに対する店舗よりもむしろ、特別な会場である。基本的に、頑丈なカラーフィルム及びキセノンアークランプの1950年代における導入以来、動画フィルムの投影技術は、ほとんど技術的躍進がなく、軽微な改善を受けてきた。

【0003】 伝統的な35mm動画フィルムシステムは、画像品質を劣化させる、欠陥、埃のようなかき跡、及び不安定性を有するが、全体的なシステムは、画像品質に対する高い基準を設定してきた。35mmフィルムの投影に対する有効なスクリーン分解能が、印刷品質と共に変動するとは言え、2000本の線の分解能は、一般的に、電子的等価システムに対して十分であると考えられる。また、シネマ投影システムは、広いカラーの全域及び大きなフレームの連続的なコントラスト比(>1,000:1)を提供する。大きなコントラストの範囲は、システムが適切に、劇的な場面の変化で起こる場合もあるよう、暗さへの明度の突然の変化をすることを可能とする。さらに、中心のスクリーンの輝度における16 ft. L (フットランパート) のSociety of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE) 投影基準を満たす為に、典型的なシネマプロジェクターは、フィルムのフォーマット及びスクリーンのサイズに依存して、8,000乃至15,000スクリーンルーメンを提供しなければならない。このように、映画の経験は、特に1500ルーメン及び250:1のコントラストを提供することのみを必要とする現代の電子ビジネスプロジェクターに比較して、非常に高いレベルの性能を要する。電子又はデジタルシネマプロジェクターシステムは、変調器及び電子アーチファクト、データ圧縮、データ保全、及びシステムのロバスト性に関係した他の要求を満たすと共に、これらの基本的な映画のシステムの要求を満足しなければならない。

【0004】 動画フィルムの使用無しに“シネマ品質”的画像を投影できるかもしれない最も初期の電子投影システムは、1940年代にE. F. Fischer (米国特許第2,391,451号及び第2,605,352号) によって開発されたEidophorシステムであった。Eidophorは、反射性オイルフィルムに画像を書き込む為に電子ビームを使用した。次にはオイルフィルムを照明し、そして、Schliereneタイプの光学システムを通じて、スクリーンへ映像する。General ElectricのW. Glenn (米国特許第2,813,146号及び3,084,590号) によって1950年代に開発された“Talaria”と呼ばれる、代わりのシステムは、それが反射

性よりもむしろ透過性オイルフィルムを使用したことを除いて、*Eidophor*と類似していた。これらのシステムの両方が、それら自体で成功であり、シネマ投影の実演説明でうまく使用されたが、どちらも動画フィルム投影産業で顕著な影響力を持たなかった。

【0005】商業的に入手可能な電子投影システムは、特に分解能、光効率、及びコントラスト比に関して制限された性能によって制約される。典型的なシステムは、JVC、ベルギーのGhentに本部を設けたBarco、カナダのオンタリオ州KitchenerのChristie Digital System, Inc.、及びオレゴン州WilsonvilleのInFocus Corporationのような製造業者から入手可能なものも含む。一般的に、これらのシステムは、500及び3000ルーメンの間で出力し、100:1から400:1までの範囲にあるスクリーンのコントラスト比を提供する。これらの制限は、家庭での投影、ビジネス、コンサート、制御室、及び画像シミュレーション機能に対する、このような投影システムの使用を制限する。

【0006】最近、シネマに対する代わりのアプローチにおける多くの提案及び技術の実演説明があった。これらのアプローチは、提案された新しいフィルムのフォーマットから3D映像又は液浸システム及び電子ディスプレイシステムにまで広がってきた。最も目立って、テキサス州DallasのTexas Instruments Inc. 及び日本の横浜のVictor Company of Japan, Ltd. (JVC) は、商業的品質のシネマ投影を提供することにおいて、35mmフィルムを取り替える候補として試作の電子投影システムを公に展示してきた。これらの試作システムが相当なメリットを示したとは言え、それらは、従来のフィルムに基づいた投影システムによって設定される全ての映画における画像品質及びシステム自由度の基準にマッチしない又は越えてない。特に、フィルムの期待される“ルック・アンド・フィール”を得る為に必要とされる画像の分解能、ピクセル化、画像のコントラスト、カラーの再現、及び明るさに関する改善に対する機会がある。

【0007】デジタルシネマ投影に対する最も有望な解決手段は、画像形成デバイスとして、二つのタイプの空間光変調器の一つ、デジタルマイクロミラーデバイス (DMD) か液晶デバイス (LCD) かどちらかを用いる。Texas Instrumentsは、一又は複数のDMDを使用する試作のプロジェクターを説明してきた。DMDデバイスは、多くの特許、例えば米国特許第4,441,791号、第5,535,047号、5,600,383号(全てHornbeckに対する)、及び米国特許第5,719,695号(Heimbuch)に記載されている。DMDを用いる投影装置

に対する光学設計は、米国特許第5,914,818号 (Tejada等)、第5,930,050号 (Dewald)、第6,008,951号 (Anderson)、及び第6,089,717号 (Iwai)に開示されている。DMDに基づいたプロジェクターが、必要な光のスループット、コントラスト比、及びカラーの全域、を提供するいくらかの能力を実証したとは言え、固有の分解能の制限 (1024×768ピクセルのみを提供する現行のデバイス)、高い構成要素及びシステムのコストは、高品質デジタルシネマ投影に対する限定されたDMDの受容性を有する。

【0008】代わりに、LCDデバイスは、高品質デジタルシネマ投影に対する空間光変調器としての利点を有するように見える。最近、JVCは、(2,000×1280ピクセルを提供する)高分解能、1000:1を超える高いフレームの連続的なコントラスト、及び高い光のスループット(通常、12,000ルーメンまで)の可能なLCDに基づいたプロジェクターを公に説明した。このシステムは、陰極線管 (CRTs) によって駆動される又は扱われる三つの垂直に整列したLCD(カラー毎に一つ)を利用した。このシステムがLCDに基づいたデジタルシネマプロジェクターに対する可能性を説明したとは言え、システムの複雑さ、信頼性、及びコストは、商業的な生産によく適合しない。より最近、JVDは、CRTによるよりもむしろシリコンのバックプレーンを介して扱われる垂直に整列したLCDのニューファミリーを、これらの新しいデバイスはデジタルシネマの提示においてまだ使用されてないが、開発してきた。JVCのLCDデバイスは、米国特許第5,570,213号(Ruiz等)及び5,620,755号(Smith, Jr等)に一部分記載されている。初期のツイストネマチック又はコレステリックLCDと対照的に、垂直に整列したLCDは、潜在的に2,000:1を超える非常に高い変調コントラスト比を提供する。1,000:1又はより良好な映画のフレームの連続的なコントラストを得る為に、全体のシステムは>1000:1のコントラストを生産しなければならず、LCD及び偏光光学系の両方が各々別々に~2,000:1のコントラストを提供しなければならないことに注意することは、教訓的である。

【0009】明らかに、LCDに基づいた電子投影システムによって提供される光学性能は、大部分、偏光光学系及びLCDの質によって定義される。しかしながら、また、ランプ源、光集積光学系、偏光変換器、カラーフィルター及びプリズム、並びに波長板を含む、多くの他の構成要素は、著しく性能に影響を与える。例えば、電子投影システムが、各々別々に赤色、緑色、及び青色 (R, G, B) のカラー成分を変調するとき、これらのシステムは、通常再結合に使用されるよく知られたXプリズムのような、二色性フィルター及びカラープリズム

を含む、カラー分離及びカラー再結合光学系も必要とする。このように、電子投影システムに対する光学設計の相対的な成功は、大部分、変調器アレイ、ビーム分割光学系、及び投影レンズを含む、映像サブシステムから提供される実装及び性能によって決定される。

【0010】LCD空間光変調器を利用する電子投影装置の例の中には、米国特許第5, 808, 795号 (Shimomura等)、第5, 798, 819号 (Hattori等)、第5, 918, 961号 (Ueda等)、第6, 010, 121号 (Maki等)、及び第6, 062, 694号 (Okikawa等) に開示されたものがある。これらの例のデバイスの各々は、R, G, Bの光をそれらのそれぞれの変調用チャネルに分離する為のカラー分割二色性構成要素の配置を用いる。そして、一又は複数の個々のLCDを各チャネル内の変調に使用する。そして、Xプリズムは、RGBのカラーの再結合を提供する。偏光ビームスプリッターを使用して、偏光した光を各カラーチャネル内に選択的に向ける。各カラーチャネルに使用する専門の偏光ビームスプリッターに低応力ビームスプリッターの設計を使用して、性能を強調する。上記の特許において、様々な解決手段が、例えば、熱的に誘発した応力を最小限にする実装方法、コントラスト及びカラーの濃淡を最小限にする対称的な設計、全体的なプロジェクターのサイズを制限する小型設計、及び明るさを最大限にする為に偏光状態を操作する光学系の添加を含む、ある範囲の課題を扱う為に、開示されている。

【0011】上記の特許に明らかに示されるように、偏光ビームスプリッターのような偏光分離光学系は、電子投影装置の全体的な光学性能を決定する為の鍵となる構成要素である。この特許に必要なコントラストのレベルを提供する為に、偏光ビームスプリッターは、変調された光及び変調されてない光の間で高い消光比を提供しなければならない。また、偏光ビームスプリッターは、明るさに対してシステムに置かれた要望を満たすことができなければならない。しかしながら、既存の偏光ビームスプリッターが、高品質のデジタルシネマプロジェクターに、効を奏する商業的な使用に必要な性能を提供することは、示されてこなかった。特に、典型的な偏光ビームスプリッターは、可視スペクトルに亘る全ての波長において、均等に良好に機能せず、結果としていくつかの条件の下で望まれないカラーの濃淡及びコントラストの効果に悩まされる。同様に、また、従来の偏光ビームスプリッターデバイスは、次には所望のスクリーンの明るさのレベルを達成する能力をもたらす、入射角（即ち、制限された開口数）に対する減少した性能で損害を受ける。

【0012】多くの投影システムに使用される、最も一般的な従来の偏光ビームスプリッターの解決手段は、米国特許第2, 403, 731号に開示されている伝統的

なMacNeilleプリズムである。このデバイスが、(300:1の程度) 良好的な消光比を提供することは、示されてこなかった。しかしながら、この標準的なプリズムは、制限された範囲の角度（数度）に亘ってのみ動作する。MacNeilleプリズムの設計が、一つの偏光状態のみに対して良好な消光比を提供するので、このデバイスを使用する設計は、入射光の半分を、この光がキセノン又はメタルハライドアークランプのような偏光してない白色光源からであるとき、効果的に捨てなければならない。

【0013】MacNeille設計に基づいた、従来のガラスの偏光ビームスプリッターにおける設計は、デジタルシネマ投影に対するその使用を妨げ得るかもしれない制限された角度応答性を超えて他の制限を有する。特に、製造に使用されるポンディング技術又は動作中の熱応力は、応力複屈折、次にはビームスプリッターにおける偏光コントラストの性能を劣化させることを、引き起こし得る。ミッドレンジの電子投影のアプリケーションに対してしばしば容認できない、これらの効果は、シネマ投影のアプリケーションに対して許容できない。熱応力の問題は、偏光構成要素における使用の為に特別に設計された、米国特許第5, 969, 861号 (Ueda等) に開示されている、より適切な低い光弾性の光学ガラスの使用で、最近改善された。残念ながら、高い製造コスト及び不確実な入手可能性が、この解決手段の利用を制限する。更に、応力複屈折を最小限にする為に、各波長帯に適した低応力のガラスプリズムを慣習的に溶かすことは実現可能であるかもしれないとは言え、幾分角度性能を拡大するとは言え、このような解決手段は、高価であり、誤りがちである。これらの問題の結果として、およそ300:1のコントラストで500乃至2, 000ルーメンで動作する、ロウ乃至ミッドレンジの電子投影システムに対する必要な性能が可能である、従来のMacNeilleに基づいたガラスのビームスプリッターの設計は、本格的規模の商業的なデジタルシネマ投影のより注文の多い要求を除いて収まる。

【0014】確かに、LCDに基づいたデジタルシネマ投影システムの要求を満たす為に、他の偏光ビームスプリッターの技術が提案されてきた。例えば、二つのドーププリズムの間に挟まれた複数の薄膜層を含む、米国特許第5, 912, 962号 (Li等) に開示されているビームスプリッターは、両方の偏光状態に対して高い消光比を達成することを試みる。理論的に、Li等の特許に開示されているビームスプリッターデバイスは、2, 000:1を超える消光比が可能である。六つのLCD（カラー毎に二つ）を有する投影システムに設計されるとき、このようなプリズムは、画像の投影に対して両方の偏光の使用を可能とすることによって、システムの効率を高めることができるかもしれない。しかしながら、サイズの制約及びプリズムの製造における困難が、この

ビームスプリッターの設計を使用する投影装置の商業化に対して障害を与える。

【0015】別の従来の解決手段として、いくつかのプロジェクターの設計は、液浸偏光ビームスプリッターを用いてきた。液体充填ビームスプリッターが、高いコントラストのアプリケーションに必要とされる高い消光比を提供すること、及び、強い強度の光の条件下でいくつかの利点を有することを示してきた。しかしながら、これらのデバイスは、製造することが高価であり、埃又は泡の含有無しで製造されなければならない。安定した使用の条件下で、それらは、多くの固有の不都合を示してきた。液浸偏光ビームスプリッターの不都合の中には、対流による不均一な屈折率分布を含む、温度による液体の屈折率における変動がある。漏出の危険は、これらのデバイスに対して別の潜在的な不都合を与える。

【0016】ワイヤーグリッド偏光子は、多くの年月の間存在しており、主としてラジオ周波数のアプリケーションにおいて、及び不可視光源を使用する光学的アプリケーションに使用してきた。可視スペクトルにおける光とのワイヤーグリッド偏光子の使用は、大部分、デバイスの性能又は製造の制約によって制限してきた。例えば、米国特許第5, 383, 053号 (Hegg等) は、特に高い消光比に対する要求が無い仮想イメージディスプレイ装置におけるワイヤーグリッドビームスプリッターの使用を開示する。Hegg等の開示において、安価なワイヤーグリッドビームスプリッターを、従来のガラス系のビームスプリッターに対して比較したとき高い光のスループットを提供する、効果的な選択肢として使用する。可視スペクトルに対する第二のワイヤーグリッド偏光子は、米国特許第5, 748, 368号 (Tamaeda) に開示されている。この特許に開示されているデバイスが、偏光の分離を提供するとは言え、コントラスト比は、シネマ投影に対して不適切であり、設計は、本質的に幾分狭い波長帯に制限される。

【0017】最近、米国特許第6, 122, 103号 (Perkins等) に開示されるようにより高い質のワイヤーグリッド偏光子及びビームスプリッターが、可視スペクトルにおける広帯域の使用に対して開発してきた。これらの中には、Moxtek Inc of Orem, UTから商業的に入手可能な新しいデバイスがある。米国特許第6, 122, 103号に記載されたデバイスを含む、既存のワイヤーグリッド偏光子が、デジタルシネマ投影に要求される高いコントラストを得る為に必要とされる、必要な性能の特徴の全てを示なさい場合もあるとは言え、これらのデバイスは、多くの利点を有している。標準的な偏光子に対して比較したとき、ワイヤーグリッド偏光デバイスは、相対的に高い消光比及び高い効率を示す。加えて、これらのワイヤーグリッドデバイスにおけるコントラストの性能は、標準的な偏光デバイスよりも、熱的に誘発された応力複屈折に対す

るより少ない機会と共に、より広い角度の容認 (NA即ち開口数) 及びより頑丈な熱的性能も有する。更に、ワイヤーグリッド偏光子は、光強度、温度、及び振動のようない過酷な環境の条件に対して頑丈である。これらのデバイスは、青色光のチャネル内の応答がさらなる補償を必要とすることを除いては、異なるカラーチャネルの条件下で良好に機能する。

【0018】しかしながら、ワイヤーグリッド偏光子は、デジタルシネマ投影装置によって課された注文が多い要求の全てを満たすことは十分に証明されてこなかった。基板の平面度における欠陥は、全体的な偏光の性能において、並びに、室内環境及び重い負荷の条件の両方におけるロバスト性において、シネマ投影に対するワイヤーグリッド偏光デバイスの商業化を制限したきた。更に、ワイヤーグリッド偏光子もワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターもどちらも、1, 000: 1又はより良好な所望の投影システムフレームの連続的コントラストを達成する為の、目標の偏光消光比の性能 (通常、> 2, 000: 1) を提供しない。個別に、これらの構成要素の両方は、最良の条件下で1, 000: 1未満のコントラストを提供する。更に、性能は、青色のスペクトルで落ち込む。最終的に、ワイヤーグリッド偏光子を含む偏光光学系の最適化された構成を設計する問題は、LCD、カラー光学系、及び投影レンズと組み合わせて、一般的に電子投影か又は特にデジタルシネマ投影かどちらかに対して、扱われてこなかった。このように、デジタルシネマ投影装置の設計に対する従来のアプローチがあるとは言え、高品質の動画投影出力を提供する為にワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターの利点を使用する、改善された投影装置に対する要求があることが理解することができる。

### 【0019】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、ディスプレイの表面への連続的なカラー画像フレームの映像用のデジタルシネマプロジェクターを提供することである。

### 【0020】

【課題を解決するための手段】簡単に、本発明の一つの態様に従って、ディスプレイの表面へのカラー画像の投影用のデジタルシネマプロジェクターは、光のビームを生成する光源を含む。ビーム成形光学系は、光のビームを均質化して収束させ、カラー分割光学系は、光のフォーカスビームを個々のカラービームに分離する。第一の変調光学システムは、第一のカラービームを予め偏光するプレポーラライザー、予め偏光したビームにおける第一の予め決められた偏光状態を透過させるワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター、情報を有する透過した予め偏光したビームを変え、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターを通じて画像を生じる第一のカラービームを反射する反射性空間光変調器、及び、画像を生じる第

一のカラービームを透過させ、不要な偏光成分を減衰させるワイヤーグリッド偏光検光子を含む。再結合プリズムは、第一の変調光学システムからの第一のカラービームを他の画像を生じるカラービームと結合させて、フルカラーの画像を生じるビームを作成する。投影レンズシステムは、フルカラーの画像を生じるビームをディスプレイの表面へ投影する。

【0021】本発明の特徴は、それが、デジタルシネマプロジェクター内にワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターを用いることである。

【0022】本発明の利点は、それが、従来のデジタルシネマプロジェクターに対して対照したとき、軽量の投影装置を提供することである。

【0023】本発明のさらなる利点は、それが、従来のデジタルシネマプロジェクターに対して対照したとき、減少した熱応力による効果と共に、デジタルシネマプロジェクターに対して頑丈な解決手段を提供することである。

【0024】本発明のさらなる利点は、それが、優れたカラーの全域の性能と共に、適切な光のスループット、高いコントラスト、及び高い分解能と共に、高性能なデジタルシネマプロジェクターを提供することである。

【0025】本発明のさらなる利点は、それが、既存の設備よりも軽く、より小型であるデジタルシネマプロジェクターを製造する機会を提示することである。

【0026】本発明のさらなる利点は、カラーの濃淡、コントラストの陰影、及びフレア光のような最少のアーチファクトを有するデジタルシネマ投影装置を提供することである。

【0027】

【発明の実施の形態】本発明におけるこれらの及び他の目的、特徴、及び利点は、図面と一緒に理解するとき、以下の詳細な説明を読むことで、当業者に対してより明らかになると思われ、ここで、本発明の説明の実施例を示し記載する。

【0028】明細書は、本発明の主題を特に指摘している及び明確に請求している請求項と共に完結するとは言え、本発明が、添付する図面と一緒に理解するとき、以下の記載からより良く理解されると信じられる。

【0029】本記載は、特に、本発明に一致する装置の部分を形成する、又は装置と共に直接的に協働する、素子に向けられる。明確に示されない又は記載されない素子は、当業者に公知である様々な形態をとってもよい種別されることになる。

【0030】図1を参照して、本発明に従うデジタルシネマプロジェクター100の透視図を示す。デジタルシネマプロジェクター100は、IR及びUVの減衰の為に任意のフィルター108を提供してもよい光源116を含む。

【0031】また、デジタルシネマプロジェクター10

0は、光源116の出力を均質化して収束させるビーム成形光学系130を含む。カラー分割光学系132は、光を三原色の成分、赤色ビームR、緑色ビームG、及び青色ビームBに分離する。各R、G、及びBのカラービームに対して、R、G、又はBのカラービームを処理して、変調したカラービームR'、G'、及びB'を提供する為に、変調光学システム200を配置する。図1は、赤色ビームのみに対する変調光学システム200を示す。同一の構造を、緑色及び青色のビームに対して使用する。(Xプリズムとしても既知である)再結合プリズム232は、変調したカラービームR'、G'、及びB'を受け入れて再結合し、投影レンズシステム150による(図1における破線で示した)ディスプレイスクリーン140への投影の為に、結合した出力ビームPを提供する。

【0032】図2を参照して、カラー分割光学系132を簡明の為に省略したが、ビーム成形光学系130及び投影レンズシステム150のより詳細な描画を有するデジタルシネマプロジェクター100の透視図を示す。光源116は、典型的に、キセノンアークランプ又は他の明るい光源のような、アークランプである。光源116に対して支持する構成要素は、反射体118を実装するランプハウス114を含む。好適な実施例において、ビーム成形光学系130は、光源116からの光を均一化する為の、積分棒のような、光積分器120を含む。代わりに、フライアイシステムを、光積分器120として、使用することができるかもしれない。コンデンサー122は、フォーカス及び均一な照明を提供する。カラー分割光学系132(図1参照)は、一又は複数の二色性ビームスプリッター又は二色性フィルターを含んでもよく、デジタル投影技術における公知技術を使用することは、以下でより詳細に、図5a及び5bと一緒に議論する。

【0033】図1及び2のビーム成形光学系130及びカラー分割光学系132の配置は、デジタル投影技術において公知であるように、多くの変動を許容することを注意しなければならない。例えば、ビーム成形及び光積分の機能を果たす前に、光をR、G、及びBのビームに分割することはより有効であることを証明してもよい。

【0034】再び図1を参照して、変調光学システム200は、入力光の所望の偏光を得る為に必要な光成分、映像用の光の変調、及び映像ビームの最終的な偏光を決定すること、を提供する。変調光学システム200は、プレポーラライザー212、偏光ビームスプリッター224、(図4に示す)任意の補償器206、空間光変調器204、及び偏光検光子228を含む。プレポーラライザー212は、本発明の好適な実施例にいてワイヤーグリッド偏光子である。プレポーラライザー212は、R、G、又はBのカラービームに対する初期の偏光を提供する。適切なプレポーラライザー212は、ユタ州O

remのMoxtrek, Inc. によって製造される。Moxtrekのワイヤーグリッド偏光子は、高いコントラスト比 ( $\sim 50$  乃至  $400:1$ 、波長に依存する) で入射の “p” 偏光した光を透過すると同時に、それは、低いコントラスト ( $\sim 10:1$ ) で入射の “s” 偏光した光を反射する。幸いに、偏光の応答は、入射の角度と共にわずかにのみ変化し、それが軸上で起こるとき  $f/2.5$  でほぼ同じ性能を提供する。

【0035】ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224は、空間光変調器204へ所望の偏光状態 (s-又はp-偏光) を有する入射光を反射する為に配置される。示した実施例において、空間光変調器204は、二次元の反射性の偏光に基づいた空間光変調器である。好適な実施例は、他の偏光変調器を使用することができるかもしれないが、液晶デバイス即ちLCD変調器を用いる。電子映像技術において公知であるように、LCD変調器は、ピクセルの位置の配列内における各点で入射光の偏光状態を選択的に回転させることによって、動作する。“オン”及び“オフ”状態の定義は、偏光子及びLCDの方向性に依存する。典型的に、光のスループット又は明るさが最大の優先事項であるとすれば、(ピクセルに電力を提供しない) デバイスの“オフ”状態は、偏光子のオープンゲートの位置と合わせられることになるので、光は、目標の平面に到達する。逆に、変調のコントラストがより重要であるとすれば、デバイスの“オフ”状態は、偏光子の“オフ”状態と合わせられるので、最低限の光が、目標の平面に到達する。

【0036】想像ではより多くの光をより大きなランプ又はより効果的な光学設計で加えることができる、デジタルシネマの場合において、LCDの“オフ”状態が暗いスクリーンに対応するように、偏光子を交差させるので、システムのコントラストは、最大限にされる。図1及び2のデジタルシネマ投影システムは、高いシステムのコントラスト ( $> 1,000:1$ )、高い明るさ (10,000ルーメン、公称)、及び高い分解能の画像を供給するように、設計される。これらの挑戦及び幾らか矛盾する要求を同時に満たす為に、LCD変調器は、相対的に大きく (対角線1.3"以上)、高いコントラストの変調性能 (全ての三つの色に対して通常、 $> 2,000:1$ ) を有し、高い分解能 ( $> 2$  メガピクセル) を提供しなければならない。現在、ツイストネマチック、スマクチック、及びコレステリックを含む、多くのLCDの構造中で、垂直に整列したツイストネマチックLCD変調器は、要求される変調のコントラストを提供することができるただ一つのものである。現時点では、(アリゾナ州TempeのThree-Five System, Inc. 及びPhilips Electronics N. V. のような) いくつかのLCD製造業者が、垂直に整列したツイストネマチックLCDを製造するが、JVCのみが、要求されるサイズ (1.3") 及

びピクセル総数 ( $2048 \times 1536$  ピクセルを有するQXGAフォーマット) を有する商業的に入手可能な垂直に整列したデバイスを提供する。従って、好適な実施例において、本発明のデジタルシネマプロジェクトーは、これらのデバイスにおける利点及び不都合の両方を有するシリコン上の反射性液晶、JVC QXGA LCDを用いる。

【0037】光学的な見地から、反射性LCD変調器を使用するシステムを設計することよりもむしろ、一又は複数の透過性変調器を利用するデジタルシネマプロジェクトー100を設計することが好ましいかもしれない。結果として生じる光学設計は、おそらく、より単純でもありより小型でもあって、その上潜在的に効果的であるかもしれない。残念ながら、シネマ又はビデオレート投影システムのどちらかに必要な性能を有する、透過性電気光学及びマイクロオプトメカニカル(MEMS)変調器の技術のどちらもまだ開発されてない。

【0038】図4は、より詳細に、変調光学システム200内の様々な鍵となる構成要素の好適な関係を示す。入射する照明光ビームG(例えば、緑色ビーム)を、コンデンサー122によって、プレポーラライザー212、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224、補償器206を通じて、空間光変調器204(LCD)に収束させる。空間光変調器204は、実装機能、カバーガラス、及び放熱板(全て示していない)を含む、空間光変調器組み立て品208内に詰められる。多分いくつかのレンズ素子を含むことになるコンデンサー122は、(図2に示す) 光積分器120の出力面を空間光変調器アレイ204の活動領域に映像する。空間光変調器204の表面から反射された、変調した、画像を生じる光ビームは、補償器206を通じて透過し、そしてワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224の表面付近に反射し、次に任意のカラー同調波長板234、偏光検光子228、及び再結合プリズム232を透過する。その後、画像を生じる光を、(図1及び2に示す) 投影レンズシステム150によって、(図4に示していない)スクリーン140へ投影する。注意したように、好適な実施例において、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224は、投影レンズシステム150への反射の為に配置され、それによって、傾斜した板を通じた透過によって誘発される公知の非点収差及びコマ収差を回避する。これらのワイヤーグリッドデバイスは(偏光子であろうと偏光ビームスプリッターであろうと)、典型的には光学板ガラスの薄いスラブであるガラス基板に製造されたサブ波長のワイヤーの平行な配列からなる。

【0039】前述のように、デジタルシネマプロジェクトー100が $1,000:1$ のコントラストを提供する為に、偏光光学要素は、変調光学システム200の空間光変調器204(LCD)を除外して、 $\sim 2,000:1$ のコントラストを提供しなければならない。偏光光学

系に対する実際の目標のコントラストは、LCDの性能に依存する。このように、例えば、LCDが~1, 500:1のコントラストを提供するすれば、偏光光学系は、3, 000:1のコントラストを提供しなければならない。典型的に、LCD及び偏光光学系の両方におけるコントラストの性能は、入射ビームの開口数を増加させると共に減少する。残念ながら、単に単一のワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224を使用することは、それ自体によって偏光光学系に対する2, 000:1の目標のコントラストを満たす為には、十分でない。従って、プレポーラライザー212及び偏光検光子228は、両方とも、変調光学システム200内で偏光の補助的な構成要素として提供される。

【0040】適度なNAで45°で入射する光ビームに対して可視スペクトルに亘って測定したときの、商業的に入手可能なMoxtekのワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターの典型的な光学性能を図7aに示す。特に、図7aは、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターの透過効率(Tp)曲線250、及び、反射において550nmでこのワイヤーグリッドデバイスを使用することにおける角度で平均した偏光コントラスト比が~800:1であることを示す、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターを透過したコントラスト比(Tp/Ts)曲線252を説明する。しかしながら、図7aのワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターを反射したコントラスト比曲線254によって説明するように、550nmでの反射において使用するとき、このビームスプリッターの偏光消光比は、たった~30:1である。総合すれば、入射照明ビームGに対するプレポーラライザーとして、そして出て行く映像される光の反射において働く検光子として、透過において使用されるワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターと共に、結合した消光は、(仮にLCDが完全であるとすれば)たった~29:1である。これは、明らかに2, 000:1の目標を満たさない。結果として、変調光学システム200は、性能を高める為に、さらなる偏光子の光学系を必要とする。特に、偏光検光子228及びプレポーラライザー212が含まれ得る。プレポーラライザー212は、偏光ビームスプリッターキューブであり得るかもしれないが、このデバイスは、Moxtek, Inc. から商業的に入手可能であるもののような、優先的にワイヤーグリッド偏光子である。

【0041】図7bは、ワイヤーグリッド偏光子の透過効率曲線256、及び、プレポーラライザー212に対する可視スペクトルに亘るワイヤーグリッド偏光子のコントラスト比曲線258を説明する。550nmでの緑色光で、ワイヤーグリッドプレポーラライザー212は、~250:1の角度で平均した偏光コントラスト比を有する。組み合わせで使用するとき、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224及びワイヤーグリッド

プレポーラライザー212は、まだシステムの要求の不足に収まる、~25:1のコントラスト比を生成する。このように、全体的な変調光学システム200の偏光性能も、好ましくはワイヤーグリッド偏光子であり、名目上ワイヤーグリッド偏光子212と同一であると仮定される偏光検光子228の付加で援助される。偏光検光子228は、好適な偏光状態以外である光の漏出を除去する。このように、変調光学システム200を通じてその入口において方向付けられる緑色光に対する全体的なコントラストは、仕様を満たす~2, 900:1まで高められる。優先的に、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224は、ビーム成形光学系130よりもむしろ空間光変調器204に面するサブ波長のワイヤー構造を有する表面と方向を合わせられる。結果として、変調光学システム200の偏光性能は、最大限にされ、またシステムは、熱応力効果に対して減感される。

【0042】プレポーラライザー212及びワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224を通じて透過して、偏光検光子228及び投影レンズシステム150に入射するより前に、引き続き変調された画像を生じる光ビームが、第一にLCD(空間光変調器204)に反射して第二にワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224に反射する、入射照明光ビームGを伴う変調光学システム200の好適な構成は、~2, 000:1の所望の偏光コントラストを単に提供すること以外の利点を有する。主として、画像を生じるビームをワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224に、それを通じて透過させるよりもむしろ、反射させることによって、デジタルシネマプロジェクター100は、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224のガラス基板内の熱的に誘発された応力複屈折効果に対して減感される。偏光した光がプリズムを(照明及び映像において)二回通過する、従来のガラスプリズムを伴う電子投影システムと反対に、この場合には、光は、たったの一回、偏光ビームスプリッターを通じて透過し、第二の相互作用は、表面相互作用である。この利点を獲得する為に、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224は、プレポーラライザー212に面するガラス基板226及び空間光変調器204に面するサブ波長のワイヤー227と共に優先的に配置される。この配置を、簡明の為に、図4aに示す。また、偏光子の基板を含むガラスの量が著しく減少するので、熱的に誘発された応力複屈折効果も標準的なガラス偏光プリズムに対して減少する。

【0043】商業的に入手可能なワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター及びワイヤーグリッド偏光子の偏光コントラスト比及び透過曲線を提供する、図7a及び7bに再び戻って、赤色のカラーチャネルの性能は、緑色のカラーチャネルに対するものよりも著しく良好であることが観察される。実際に、650nmで、Moxtekワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターは、~12

00:1の反射におけるコントラスト比を提供するが、しかるにMo x t e k ワイエーグリッド偏光子は、～350:1を提供する。しかしながら、また一方で、Mo x t e k ワイエーグリッド偏光ビームスプリッターからの低いコントラストの反射(650nmで～50:1)は、結合したコントラストを(～39:1まで)減少させる。このように、緑色のチャネルのように、赤色のチャネルは、コントラスト比を高める為に、別の偏光構成要素、好ましくはワイエーグリッド偏光検光子228を必要とする。ワイエーグリッド偏光検光子228を含むとき、全体的な赤色のコントラストは、～7,000:1まで改善する。このように、プレポーラライザー212(好ましくはワイエーグリッド偏光子)、ワイエーグリッド偏光ビームスプリッター224、及び偏光検光子228(また好ましくはワイエーグリッド偏光子)を含む、偏光構成要素の模範的な構成が組み合わせて使用されるとき、緑色及び赤色において2,000:1を超える偏光コントラスト比を得ることができ、それによってシステムの仕様を満たす。

【0044】再び、商業的に入手可能なワイエーグリッド偏光ビームスプリッター及びワイエーグリッド偏光子の偏光コントラスト比及び透過曲線を提供する、図7a及び7bを考慮して、青色のカラーチャネルの性能は、緑色のカラーチャネルのものよりも著しく劣悪であることが観察される。実際に、(透過に使用されるワイエーグリッドプレポーラライザー212及び検光子228、並びに最初に照明の為に透過に、次に映像の為に反射に使用されるワイエーグリッド偏光ビームスプリッター224を伴う)図4の完全なLCD変調器及び偏光光学系の構成の両方を仮定して、変調光学システム200における偏光コントラストの性能を計算するとき、450nmでの期待される青色のコントラストは、たった～900:1である。このように、色で平均したフレームの連続的なコントラストが、偏光光学系に対する～2,000:1の目標、及び空間光変調器(LCD)204を含む全システムに対する～1,000:1の目標を超えるが、青色におけるコントラスト比は、2,000:1の目標の使用を満たすことに役立たなくなる。幸いに、ヒトの知覚が、それが緑色又は赤色の詳細な情報に対するよりも青色の詳細な情報に対して比較的感度がよくないので、コントラストにおけるいくらかの減少は、青色のチャネルにおいて比較的許容範囲にあると考えられる。その性能が図7a及び7bに提供されているMo x t e k ワイエーグリッド偏光デバイスを含む、商業的に入手可能な偏光デバイスは、青色が制限されているので、青色光に対する応答は、幾分か目標のコントラストのレベル未満であることは一般的に真実である。好ましくは、青色のチャネルのコントラストを高める為に、また、システムを単純化する為に、より良好な青色の応答を伴う偏光デバイスが好ましいかも知れない。

【0045】偏光コントラスト比の前述の議論において、空間光変調器204、好ましくは垂直に整列したツイストネマチックLCDが、このデバイスがまるでミラーであるかのように、完全なコントラストの変調性能を提供することを仮定した。しかしながら、これはもちろん本当ではない。変調光学システム200の一部を切り取った側面図を提供する図4は、空間光変調器204とワイエーグリッド偏光ビームスプリッター224との間に配置される補償器206を含む。補償器206は、名目上、空間光変調器204の表面に源を発する幾何学的不完全性及び複屈折効果に対して補償する為に必要とされる少量の遅延特性を提供する波長板である。米国特許第5,576,854号(Schmidt等)に開示されているように、投影の為に使用されるLCDデバイスは、スキー光線の漏出及び残留の複屈折の変動に対して補償する為の～0.02個の波の遅延特性を用いることができ、それによってコントラストを改善する。更に、補償器206は、好ましくは、与えられたカラーに對して最適化される。マッチした波長板無しでLCDの変調のコントラストは、適切にマッチした波長板と共にそれは(コリメートされた光に対して)ほぼ～40,000:1の変調コントラストを達成することができるとは言え、たった～500:1である場合もあることは実証されてきた。逆に、ワイエーグリッド偏光ビームスプリッター224が、典型的な偏光ビームスプリッターキューブのものと異なる機能的特性を有するとすると、変調光学システム200の設計は、更に偏光キューブと類似のシステムのものと差異が認められる。ワイエーグリッド偏光ビームスプリッターは、広い角度の容認を有し、また、それは、透過したスキー光線の偏光ベクトルの回転を引き起こすことなく、それ自体の幾何学(即ち、サブ波長のワイエー構造の方向性)に対する出で行く光の偏光状態(“s”及び“p”)を定義する。結果として、入射光の偏光状態を、それらを定義するというよりもむしろ、回転させることによって機能する偏光ビームスプリッターキューブと比較して、ワイエーグリッド偏光ビームスプリッターは、幾何学的に誘発された偏光の誤差をずっと少なく課す。典型的に、偏光ビームスプリッターキューブを用いる電子投影システムは、これらの誤差を補償する為に四分の一波長板も用い、それによって偏光コントラストを増加させる。このように、例えば、Schmidt等の先行技術のシステムは、LCD補正の0.02個の波及び偏光プリズム補正の0.25個の波を含む、0.27個の波の全体の遅延特性を伴う波長板を提供する。比較によって、変調光学システム200がワイエーグリッド偏光ビームスプリッター224を含むとき、赤色における偏光コントラストは、四分の一波長板無しで使用するとき2,000:1を超えるが、コントラストは四分の一波長板有りでは落ち込む。このように、補償器206は、優先的にLCDの誤差に

に対する補正を提供するとは言え、補償器は、偏光プリズムからの偏光の誤差を補正する為に提供される典型的な四分の一の波の遅延を含まない。

【0046】図3を参照して、より詳細に投影レンズシステム150の側面図を示す。図3bを参照して、空間光変調器組み立て品208内に実装される各空間光変調器204と共に投影レンズシステム150の平面図を示す。投影レンズシステム150は、ベースレンズ154、開口絞り152、及びアナモルフィック付属品156を含む。好適な構成において、投影レンズシステム150は、LCD変調器の垂直方向が、いくらか大きな倍率(例えば500倍)で1:1の線形な様式でスクリーンの垂直方向へマップされるように、空間光変調器を投影する。アナモルフィック付属品156は、LCD変調器の水平方向の投影を、1:1以外のいくらかの比であるが、線形な様式でスクリーン140へマップすることを引き起こす。アナモルフィック付属品156の使用は、投影された画像が標準的なフィルムの動画フィルム投影フォーマットのアスペクト比にマッチすることを可能とする。図5aは、アナモルフィック付属品156を有する投影レンズシステム150の透視図を説明する。図5aの配置において、二つの円柱レンズ素子160を広い視野を提供する為に使用する。

【0047】空間光変調器204と投影レンズシステム150との間の光路における大きな有効距離は、長いバックフォーカスを有するリバーステレフォトレンズ設計を提案する。好適な実施例において、投影レンズシステム150は、2.2:1のBFL/EFL比を有するリバーステレフォトタイプである。光のスループットの効率を最大限にする為に、好適な実施例の投影レンズシステム150は、f/2.3の速度を有する。レンズ設計は、コントラスト比の均一性及び視野にわたる光のスループットを制御する為に、テレセントリックである。

【0048】図1及び3bに示すように、デジタルシネマプロジェクター100は、好ましくはXプリズムの構成を使用して、変調されたR'、G'、及びB'のビームを再結合する為の再結合プリズム232を用いる。このようなプリズムは、高い効率で緑色を透過すると同時に、高い効率で青色又は赤色を反射する為に、個々の内面を別々にコートすることによって構成される。そして、四つの個々のプリズムを、適切な備品及び光学接着剤の使用と共に、より大きなXプリズムに組み立てる。もちろん、Xプリズムも、システムの性能に影響する制限を有する。例えば、図8は、商業的に入手可能なXプリズムの落ち込み対“s”偏光した緑色光に対する入射角度の相対的な透過特性を説明する。しかしながら、この落ち込みは、偏光依存性であり、“p”偏光した緑色光に対しては、あまり顕著でない。この影響を補償する為に、任意のカラー同調波長板234を、図4に示すような、緑色チャネルに対する光路において再結合プリズ

ム232より前に配置してもよい。代わりに、デジタルシネマプロジェクターを、仮に性能又は実装の設計がXプリズムのものよりも優れているとすれば、(De Lang等への米国特許第3,202,039号に開示されるような)“Philips”タイプのプリズムの周囲に設計することができるかもしれません。

【0049】同じように、対角線1.3"のLCD及び変調器における速いf/2.3のテレセントリックな光の収集を使用する、デジタルシネマプロジェクター100に対する好適な設計において、再結合プリズム232は、非常に大きくなる傾向がある。例えば、80mmの正方形のプリズムが考えられたが、しかしそれは、コスト及び配達の制約を与える不合理なサイズであることを証明した。どちらかと言えば、数パーセントの光効率の損失に対応する、少量の軸外設計された口径食が大いに小さい再結合プリズム232を伴う設計を可能にすることが決定された。

【0050】同様に、利用可能な構成要素に関する他の考慮は、デジタルシネマプロジェクター100の設計に影響する。前述したように、投影レンズ150は、所望のフィルムフォーマットのアスペクト比を満たす為に、変調器アレイをマップするアナモルフィック付属品156を含む。JVC QXGA LCDを含む、多くの商業的に入手可能な変調器アレイは、4:3の幅対高さのフォーマット(即ち1.33:1)を有する。この4:3のアスペクト比は、現行のテレビ、コンピュータディスプレイ、及び多くの他のディスプレイに共通である。しかしながら、伝統的なシネマ投影は、米国の領域においては、1.85:1のアスペクト比の“フラット”及び2.39:1のアスペクト比の“シネマスコープ”に形式を合わせている。“フラット”フォーマットの画像300(1.85:1)を、図9aに表し、シネマスコープフォーマットの画像306(2.39:1)を、図10aに表す。最適の様式におけるこれらの規格を満たす為に、空間光変調器204は、1.33:1よりもむしろ、~2:1のアスペクト比を有するかもしれない。このような空間光変調器204に対して、投影レンズシステム150は、球面の投影光学系のみを使用するとき、光の出力及び分解能における小さな損失のみで“レターボックス”1.85:1フラットフォーマット画像300を提供することができるかもしれない。同様に、投影レンズシステム150は、球面の投影光学系のみを使用するとき、光の出力及び分解能におけるわずかに大きな損失でシネマスコープフォーマット画像306を提供することができるかもしれない。代わりに、空間光変調器204は、それらのデバイス(1920×1080ピクセル)の分解能が所望のレベルより幾分下であるかもしれないが、合理的な1.78:1のアスペクト比を有するHDTVに対して最適化されたデバイスを、使用することができるかもしれない。どちらかと言え

ば、投影レンズ150は、1.39:1のアナモルフィック倍率を提供するアナモルフィック付属品156と共に設計された。図9bに示すように、フラット画像に対する画像データを、1.33:1の変調器を満たす為に圧縮する。そして、画像を、アナモルフィック付属品156を伴う投影レンズ150で投影するとき、1.85:1の画像が、結果として生じる。さもなければ、仮にその自然の1.85:1のアスペクト比のフラット画像を1.33:1のアスペクト比のチップに取り込んだとすれば、~28%の利用可能な光及びピクセルを失っていたかもしれない。アナモルフィック付属品156は、レンズ素子の大きなサイズによって、高価になり得る。いずれにせよ、このようなアナモルフィックレンズ組み立て品は、かなり重いかもしれない。

【0051】しかしながら、シネマスコープフォーマット画像の投影は、より複雑である。再び、図10aは、2.39:1のアスペクト比の標準的な投影されたシネマスコープ画像を示す。図10bに示すように、画像は、実際には、1.2:1のアスペクト比のフィルム上で圧縮された画像308である。従来のフィルムプロジェクターは、シネマスコープフォーマット画像306を提供する画像を圧縮しない為に、2:1のアナモルフィックレンズ付属品を使用する。4:3のアスペクト比のデバイスを伴うデジタルシネマにおいてシネマスコープ画像を取り扱う為のいくつかの別の手段がある。データの取り込みは、1.33:1のアスペクト比の変調器アレイに圧縮された1.2:1の画像をアンダーフィルする、フィルム系を模倣することができるかもしれない。分解能及び光における損失が、小さいかもしれないと言え、アナモルフィックレンズ付属品156は、コスト及び大きさを追加するかもしれない2:1の倍率比を、有するかもしれない。代わりに、シネマスコープ画像データを、図10cに示すような1.33:1のアスペクト比の画像を満たす為に、圧縮してサイズ変更することができるかもしれない。図3cの圧縮されたシネマスコープ画像310は、アナモルフィックレンズ付属品が1.79:1の倍率比を有することを必要とするかもしれない。ピクセル又は光をこの構成で失わないかもしれないが、シネマスコープアナモルフィックレンズ付属品156は、再び大きく高価であるかもしれない。図10dは、好適な構成を説明する。この場合において、シネマスコープ画像を圧縮して、レターボックス型の変調器に、チップ画像に1.72:1を作成することをアンダーフィルする。この場合において、“フラット”フォーマット画像の投影に使用したのと同じ1.39:1の倍率比のシネマスコープアナモルフィックレンズ付属品156は、シネマスコープ画像の投影にも使用される。

【0052】正直なところ、~23%の光及びピクセルは、シネマスコープ投影に対する妥協と共に失われるが、しかしこのトレードオフが、最も現実的な解答であ

る場合もある。

【0053】考慮されてもよい多くの他の投影レンズ構成がある。例えば、レンズは、球面の素子のみで水平な画像の方向性を扱ってもよく、垂直方向における画像の圧縮を補正する為にアナモルフィック素子を使用してもよい。図5bは、代替の投影レンズシステム150の設計における透視図を説明する。この場合において、投影レンズシステム150は、円柱レンズ素子160の間に配置される球面レンズ素子162を有する、統合されたアナモルフィック付属品180を使用する。投影レンズシステム150のこのバージョンが、生産する為には幾分トリック的である場合もあるが、全体的なレンズは、より小さくより軽いかもしれない。

【0054】このように、反射性LCD変調器に基づいたデジタルシネマプロジェクターの設計が、偏光光学系の設計、投影レンズ、及び投影される画像に対する共通のフォーマット規格にアナモルフィックに適合する方法の複雑な相互作用を伴うことを理解することができる。本発明を、その特定の好適な実施例に対する個々の参照と共に詳細に記載してきたが、しかし本発明の範囲から逸脱することなく当業者によって、添付した請求項に述べるような上述の本発明の範囲内で、変更及び修飾を果たすことができることが理解されると思われる。

【0055】例えば、偏光光学系に対する修飾は、プレポーラライザー212及び偏光検光子228のどちらか又は両方に替わって、標準的なポリマーシートの偏光子の使用を含むことができるかもしれない。これは、ポリマーの偏光子が、あまり透過性を持たず、またより多くの光を吸収すると、望ましくない場合もある。再び、プレポーラライザー212は、偏光ビームスプリッターキューブでもあり得るかもしれないが、しかしサイズの制約及び制限された角度性能が、デジタルシネマシステムに対してこれを困難にする。プレポーラライザー212は、好ましくは45°の入射における透過に使用される、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターでもあり得るかもしれない。同じように、偏光検光子228がワイヤーグリッド偏光子以外の偏光デバイスであり得るかもしれないとは言え、性能の要求及び機械的な制約が、現在利用可能な技術ではこれを見込みのないものにする。

【0056】偏光光学系及び変調光学システム200の設計に対して、偏光構成要素を除去することができるこのような、コントラストを十分に改善するどんな変化も最大の関心である。特に、仮に偏光検光子228又はプレポーラライザー212のどちらかを除去することができるかもしれないとすれば、ほぼ12%の光効率の損失を取り除くことができるかもしれない。しかしながら、1,000:1のスクリーンコントラスト及び偏光光学系(LCDを除く)からの~2,000:1のコントラストの、デジタルシネマに対する画像のコントラス

トの要求は、これを困難にする。

【0057】ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224の反射から来る投影レンズ150によって映像される光を伴う図4の変調光学システム200に対する好適なシステムの構成に対して、プレポーラライザー212を除去する機会がある。この状況において、正味のシステムの偏光コントラストは、ワイヤーグリッド偏光検光子228のものよりもむしろ、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224の寄与によって支配される。このように、例えば、仮に透過した“p”的光に対する偏光コントラストが、可視スペクトルに亘って~3,000:1まで増加したとすれば、変調光学システムは、プレポーラライザー212無しで機能する為の十分なコントラストを有するかもしれない。例えばこれは、改善された広帯域のワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224か又は改善されたカラー同調ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターかどちらかで達成され得るかもしれない。仮に今日の商業的に入手可能なデバイスの性能(図7a参照)が与えられたとすれば、これは、かなりの改善であるかもしれない。変調光学システム200の性能は、空間光変調器204か又はワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224かどちらかの偏光性能を劣化させる二次的效果に対して補正及び補償する為の補償器206の特性を強調することによって、潜在的に改善することができるかもしれない。

【0058】代わりに、透過した“p”的光の偏光コントラスト及び反射した“s”的光の偏光コントラストの両方を改善する為に、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224を、最適化することができるかもしれない。

【0059】 $C = 1 / ((1/C_t) + (1/C_r))$ によって近似されるような、全体的なコントラストCは、一つの項において、透過した及び反射した寄与の両方を結合する。例えば、仮に、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224の設計が、“s”的赤色の反射に対して~40:1から~300:1まで改善され、また“p”的赤色の透過に対して~1200:1から~2,000:1まで改善されたとすれば、変調光学システム200は、再び、プレポーラライザー212無しで機能する為の十分なコントラストを有するかもしれない。広帯域か又はカラー同調デバイスかどちらかのようない、改善されたワイヤーグリッドデバイスにこのレベルの性能を提供する事が、3,000:1のデバイスを得ることよりも現実的である場合もある。ワイヤーグリッド偏光デバイスの性能を、適切なパラメータの制御で改善することは既知である。例えば、今日入手可能な~ $\lambda/5$ のグリッド間隔の代わりに、~ $\lambda/10$ のワイヤーの間にある適切なワイヤーのピッチ又はグリッドの間隔を伴うデバイスの製造は、コントラスト比を著しく高めるかもしれない。同じように、ワイヤー

の太さ及びピッチの同時制御も、性能を高めることができる。更に、性能を高める為にワイヤーグリッドの構造を修飾する米国特許第6,122,103号に記載される方法のようなワイヤーグリッドアレイの構造に対する他の設計の変化も、都合良く用いることができるかもしれない。このような改善を、デジタルシネマプロジェクターシステム100におけるワイヤーグリッド偏光子(212、228)か又はワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224かのどちらかに適用することができるかもしれないが、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224の性能における改善は、最大の影響力を有するかもしれない。

【0060】代わりに、デジタルシネマプロジェクターシステム100を、反射におけるよりもむしろ、透過における変調された及び変調されてない光を区別する為に使用されるワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224と共に設計することができるかもしれない。このような構成を図6に示し、ここで入射光は、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224に反射して、反射性空間光変調器204を照明する。変調された画像を生じるビームを、引き続きワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224を通じて透過させ、そして投影レンズシステム150によってスクリーンへ映像する。この構成は、商業的に入手可能なワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターに対して存在する“p”的光に対するコントラスト比が、透過において、反射におけるよりも高いというような、可能性を有する。例えば、その改善は、たったワイヤーグリッド偏光検光子228及びワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224の使用と共に、緑色のチャネルを~500:1のコントラスト比まで高める為に十分である。残念ながら、この高まりは、システムをプレポーラライザー212のようなさらなる偏光子無しで構成することを可能とする今日の商業的に入手可能なワイヤーグリッドデバイスでは、不充分である。前述のように、“p”的消光を改善することか、又は“p”及び“s”的消光の両方を改善することか、どちらかによって、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224の性能を高めることは、デジタルシネマにおける使用に必要なレベルまでコントラストを高めることができるかもしれない。加えて、図6の構成は、傾斜した板を通じた透過から結果として生じる収差(コマ及び非点収差)によって複雑にされる。仮にワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224が非常に薄い膜に、又は(光学接着剤又はジエルを使用して)プリズム内に実装すれば、この構成を、収差を受けることなく使用することができるかもしれない。代わりに、図6に示すように、これらの収差を、さらなる構成要素と共に補償することができる。例えば、円柱レンズ172を、コマを最小限にする為に、開口絞り152に又は近くに、置くことができる。投影レンズシステム150より前に配

置されるくさび型補償器170は、非点収差を補償する為に役立つかかもしれない。これらの構成要素を、既に複雑なシステムに加えることは一般的に望ましくはないとは言え、条件さえそろえば、これらの付け加えられた構成要素は、目標のコントラスト比を実現する為に、適度の付け加えられた複雑さをもたらす。

【0061】入射する照明光が既に偏光しているとすれば、変調光学システム200の設計を、プレポーラライザー212のような偏光構成要素の除去で単純化することができることを注意するべきである。特に、照明光学システムを、いくつかの型の偏光変換器を利用する為に設計するとすれば、これは、起こり得るかもしれない。大きな偏光ビームスプリッタープリズムを伴うシステム及びマイクロプリズムアレイを伴うシステム（例えば米国特許第5, 555, 186号及び第5, 898, 521号）を含む、多くの形態の偏光変換器は、当技術において既知である。無偏光の源（キセノン又はメタルハライドランプ）からの入射光のある偏光（例えば、“s”）を他の偏光（例えば、“p”）に変換する為に、偏光変換器を多くのLCD投影システムにおいて使用する。それらの値は、デジタルシネマに要求される高いワット量（3乃至5kW）のキセノンアークランプのような、特徴的に高いL a g r a n g e ファクターを有する源で予想以上に制限される。コントラストは、大きなワット量のランプからビームと共に発生するより大きな角度で、著しく減少することになるが、偏光変換器は、入力のコリメートされた光で $> 1, 000 : 1$ の偏光コントラストを提供することができる。しかしながら、デジタルシネマプロジェクター100のビーム成形光学系130内での偏光変換器の使用は、変調光学システム200を、プレポーラライザー212のような偏光構成要素無しで構成することを可能とする。これは、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224のような他の偏光の光学要素が現在商業的に入手可能な生産物に対する性能を改善してきたとすれば、特に真実である。加えて、仮に偏光変換器が典型的に利用可能なものよりも、角度と共に良好な性能を有するとすれば、変調光学システム200をより少ない構成要素で構成することができるかもしれない。例えば、米国特許第6, 108, 131号は、要求される改善された角度性能を供給する場合もある他の光学系と共に様々な構成のワイヤーグリッドデバイスを使用する偏光変換器を記載する。

【0062】最後に、デジタルシネマプロジェクター100の偏光コントラストの性能を、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター224の角度の方向性、例えば入射角度に対して $3.5^\circ$ 、を調節することによって、改善することができる。しかしながら、このような配置は、デジタルシネマプロジェクター100の全体的な設計をより複雑にして嵩ばらせる不都合な副作用を有し得る。

【0063】このように、提供するものは、ディスプレイスクリーンに投影される画像を形成する為の、空間光変調器を伴うワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターを使用するデジタルシネマ用のプロジェクターである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従うデジタルシネマプロジェクター示す透視図である。

【図2】本発明に従うデジタルシネマプロジェクターにおける単一のカラーに対する変調光学システムを示す透視図である。

【図3】本発明に従うデジタルシネマプロジェクターの変調光学システム、再結合プリズム、及び投影レンズシステムを示す断面の（a）平面図、及び（b）側面図である。

【図4】（a）及び（b）は、ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッター及び鍵となる偏光の補助的な構成要素を示す拡大側面図である。

【図5a】本発明の好適な実施例における投影レンズシステムを示す透視図である。

【図5b】代替の投影レンズシステムを示す透視図である。

【図6】代替の実施例における投影レンズシステムの設計を示す断面図である。

【図7】（a）及び（b）は、可視スペクトルで動作する為に設計されたワイヤーグリッド偏光子及び偏光ビームスプリッターの相対的な性能を説明するグラフのプロットである。

【図8】本発明の再結合プリズムに対する角度の変動と透過性能を示すグラフのプロットである。

【図9】（a）及び（b）は、4:3のアスペクト比の空間変調アレイに“フラット”1.85のアスペクト比の画像を圧縮する原理を説明する平面図である。

【図10】（a）乃至（d）は、投影した画像と一緒に、4:3の比であるアスペクト比の空間変調アレイに“スコープ”画像を圧縮する原理を説明する平面図である。

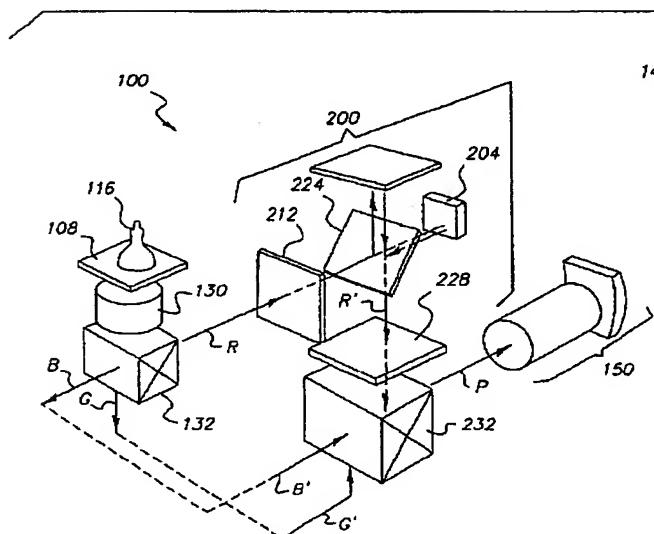
【符号の説明】

100	デジタルシネマプロジェクター
108	フィルター
114	ランプハウス
116	光源
118	反射体
120	光積分器
122	コンデンサー
130	ビーム成形光学系
132	カラー分割光学系
140	ディスプレイスクリーン
150	投影レンズシステム
152	開口絞り
154	ベースレンズ

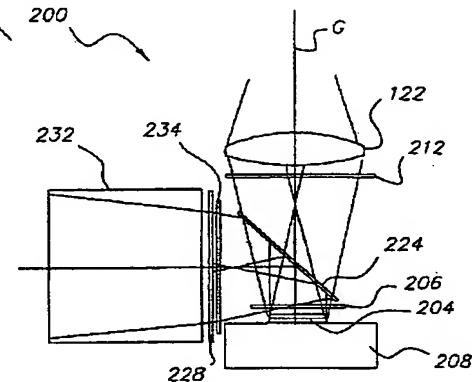
156 アナモルフィック付属品  
 160 円柱レンズ素子  
 162 球面レンズ素子  
 170 くさび型補償器  
 172 円柱レンズ  
 180 アナモルフィック付属品  
 200 変調光学システム  
 204 空間光変調器  
 206 補償器  
 208 空間光変調器組み立て品  
 212 プレポーラライザー  
 224 偏光ビームスプリッター  
 228 偏光検光子  
 232 再結合プリズム

234 カラー同調波長板  
 250 ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターの  
透過効率曲線  
 252 ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターを  
透過したコントラスト比曲線  
 254 ワイヤーグリッド偏光ビームスプリッターを  
反射したコントラスト比曲線  
 256 ワイヤーグリッド偏光子の透過効率曲線  
 258 ワイヤーグリッド偏光子のコントラスト比曲  
線  
 300 フラットフォーマットの画像  
 306 シネマスコープフォーマットの画像  
 308 フィルム上で圧縮された画像  
 310 圧縮されたシネマスコープ画像

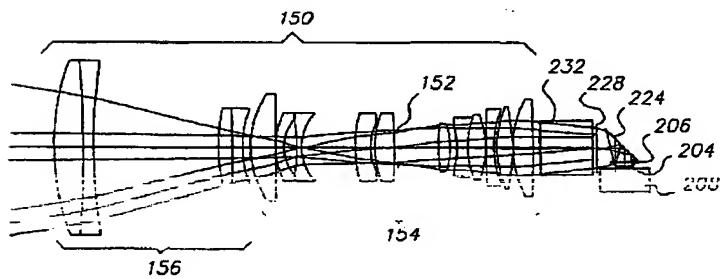
【図1】



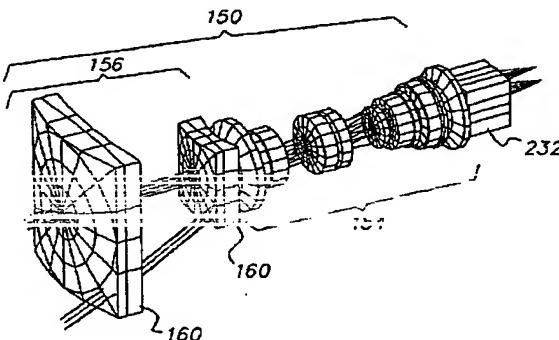
【図4】



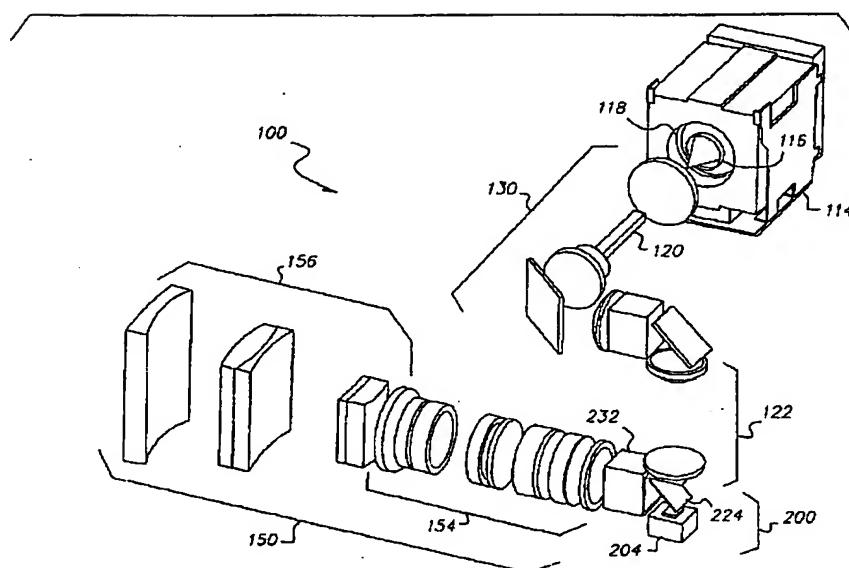
【図3a】



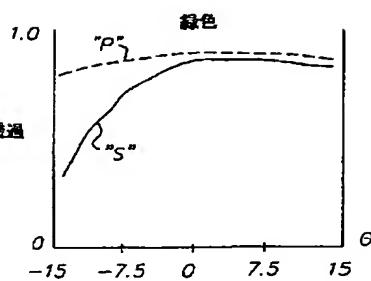
【図5a】



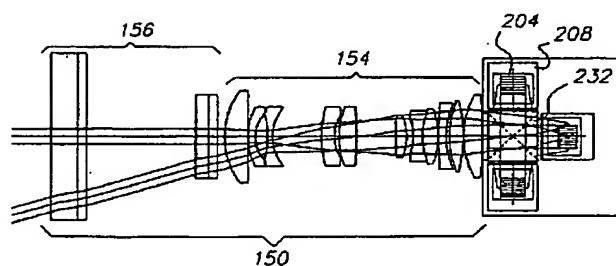
【図2】



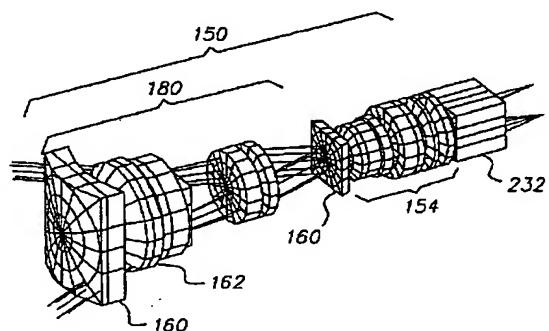
【図8】



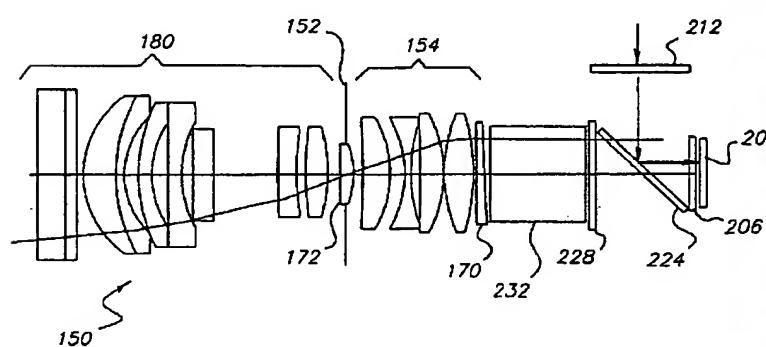
【図3b】



【図5b】



【図6】

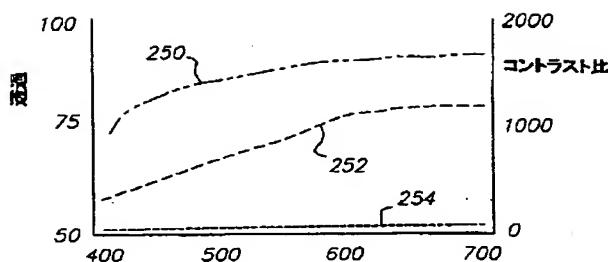


【図9b】

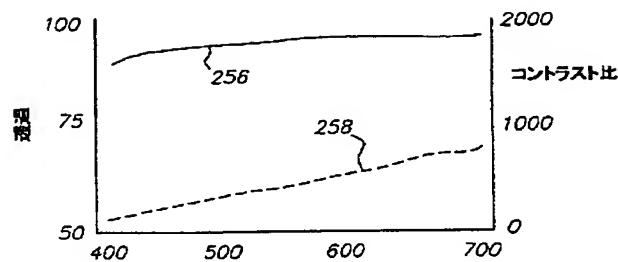


QXGA LCD : 1.33 : 1

【図 7 a】



【図 7 b】



【図 9 a】



フィルム上の及び投影したフラット(1.85:1)

【図 10 b】



フィルム上で圧縮したスコープ(1.2:1)

【図 10 a】



投影したスコープ(2.4:1)

【図10c】



QXGA LCD : 1.33 :1

【図10d】



---

フロントページの続き

(72)発明者 デイヴィッド ケスラー

アメリカ合衆国 ニューヨーク 14618  
ロチェスター ノース・カントリー・クラ  
ブ・ドライヴ 20

(72)発明者 バリー ディー シルバースタイン

アメリカ合衆国 ニューヨーク 14618  
ロチェスター タリータウン・ロード 58

(72)発明者 マイケル イー ハリガン

アメリカ合衆国 ニューヨーク 14564  
ヴィクター ティラー・ライズ 920  
Fターム(参考) 2H088 EA14 EA15 EA16 EA18 HA13  
HA20 HA23 HA24 HA28 MA01  
2H099 AA12 BA09 BA17 CA11 CA17  
5C060 BC05 HC11 HC14 HC21 HC25  
JA17 JA18 JB06

